

- **Tierra y Tecnología**
- **T&T 46**

Una geotecnia compleja | Colegio de los Sagrados Corazones de Madrid

31 agosto, 2015

2

317



TIERRA Y TECNOLOGÍA Nº 46 | Texto: JUAN MANUEL ORQUIN CASAS, Dr. Ingeniero Industrial especialista en construcción. JAVIER GÓMEZ-CORNEJO GILPÉREZ, Ingeniero Industrial especializado en construcción | *Hay trabajos geotécnicos complicados. Uno de ellos ha sido el de la ejecución de hasta cuatro niveles de sótano que incluyen un polideportivo de 7 m de altura y plantas destinadas a aparcamiento por debajo del patio del colegio de los Sagrados Corazones de la calle Alfonso XIII de Madrid. Todo ello*

realizando primero el forjado del patio que permitiera seguir en servicio durante la ejecución de la obra bajo rasante con todas las particularidades propias de esta construcción singular en pleno centro de Madrid.

Normalmente, la construcción o ampliación de edificios en centros urbanos lleva asociada la problemática de construcciones medianeras que dificultan en mayor o menor medida la construcción de las mismas. Las posibles soluciones a adoptar ante este tipo de problema quedan acotadas por los condicionantes del entorno (tipo de edificaciones limítrofes, espacio existente para utilización de maquinaria, características del terreno, plazos de entrega...).



Figura 1. Patio del colegio de los Sagrados Corazones en Madrid.

En el presente artículo se va a describir el proceso constructivo llevado a cabo por la compañía de Construcción e Ingeniería: Grupo Secin en la obra de construcción de un polideportivo multiusos y de plazas de garaje bajo la rasante del patio del colegio de los Sagrados Corazones, situado al norte de la ciudad de Madrid (figura 1). El proyecto, del arquitecto Jacobo Palacios, tenía que enfrentarse con la problemática, además de la comentada anteriormente respecto de las medianerías, de la ejecución primero del forjado del patio del colegio para ser usado durante la construcción del resto de plantas bajo rasante.

La superficie en planta del patio es de 46×70 metros, debajo del cual se ejecutan cuatro niveles de aparcamiento en parte de la superficie del patio y, en el resto del mismo, de un pabellón polideportivo bajo rasante de 7 m de altura justo debajo del patio y dos plantas destinadas a garaje por debajo de este. La zona de actuación linda en uno de sus lados con el antiguo colegio (realizado aproximadamente hace 50 años); en el otro, con un sector más moderno del colegio ejecutado hace cuatro años. Finalmente, los otros dos linderos dan a las calles Guatemala y Ricardo Calvo.

Así se fue realizando la difícil construcción

En primer lugar se ejecutó un muro pantalla perimetral de 60 cm de espesor con dos niveles de anclajes temporales al terreno que se fueron realizando a medida que se iba efectuando la excavación, aunque antes de ésta se ejecutaría el forjado destinado al patio. En la zona lindera con el colegio se hizo un único nivel de anclajes por debajo de las cimentaciones existentes del colegio, procurando situarlos entre las zapatas de las mismas.

El forjado del patio se proyectó mediante chapa colaborante sobre correas metálicas que apoyan sobre cerchas metálicas de gran canto para dejar diáfana la zona destinada al polideportivo. Aun así fue necesario prever algún pilar para apoyo de estas cerchas que se realizaron previamente a la ejecución del forjado del patio mediante la ejecución de pilotes sobre los que se introdujo un pilar metálico teniendo de esta forma una unión pila-pilote. El hormigonado del pilote se realizó sólo hasta el nivel aproximado del nivel de excavación futuro.

Problemas a resolver

Una vez ejecutado el forjado del patio, se comenzaría la excavación, realizando los niveles de anclajes contemplados según proyecto. Un problema asociado fue el poco espacio del que se disponía para la excavación debido a no ser una actuación a cielo abierto. Este mismo

problema se repetiría a la hora de hormigonar y ejecutar todos los forjados inferiores, todos ellos resueltos mediante forjados unidireccionales in situ que apoyan en vigas de hormigón armado, las cuales transmiten la carga al terreno a través de pilares de hormigón (que mueren en el forjado anterior al forjado del patio) mediante zapatas aisladas que se ejecutan al realizar todo el vaciado.



Figura 2. Armadura de un batache del muro pantalla.



Figura 3. Introducción de un perfil metálico que sirve como pilote en su parte enterrada y como pilar metálico en su parte vista.

Por otro lado, en la zona del polideportivo, la altura libre necesaria del mismo (7 m) provoca que el muro pantalla en ese vano tenga unos esfuerzos considerables y un desplazamiento en coronación excesivo, mayor que la holgura dejada en la unión de la viga de coronación con las cerchas de cubierta, lo que puede provocar que se induzca una reacción considerable en las cerchas de cubierta y el pandeo de las mismas. Para evitar este problema se ejecutó una serie de contrafuertes en el vano de 7 m del muro pantalla para dotar de una inercia muy superior a la del muro pantalla limitando de esta forma el desplazamiento ocasionado por el empuje del terreno.

Por último, fue necesario realizar un patio inglés junto al lindero de la zona más antigua del colegio resultando que las zapatas trapezoidales de este edificio invadían la zona del patio inglés, por lo que fue necesario cortar y reforzar según el proceso que se detalla más adelante.

Proceso constructivo

Uno de los parámetros de mayor influencia e importancia que han determinado la elección de ciertas soluciones ha sido el terreno del que se disponía. Se trataba de un suelo de arenas de grano medio a fino con bastante arcilla (tosca), así como arenas de miga (arenas con algo de arcilla) con una compacidad más o menos densa en superficie y muy densa en profundidad. En cuanto al nivel freático, se encontraba a una profundidad de 8,85 m, por lo que afectaba a los sótanos que iban a ser ejecutados. Por ello, la solución del muro pantalla, no sólo serviría como elemento de contención del terreno, sino que evitaría la inundación del fondo de excavación. En cuanto a la impermeabilización del fondo de excavación, se conseguiría empotrando la pantalla en un estrato impermeable.



Figura 4. Vista de los pilares metálicos y parte de su cimentación.



Figura 5. Transporte de las cerchas del forjado del patio.



Figura 6. Montaje de las cerchas del forjado del patio.



Figura 7. Ejecución del forjado de chapa colaborante del patio.

Comenzaba la obra con la ejecución del muro pantalla de cuatro niveles de sótano. Para ello se realizaron primero los muretes guía que iban delimitando el perímetro de la pantalla. El paso siguiente fue ir excavando los pozos por bataches con una cuchara bivalva. En la figura 2 puede apreciarse la impresionante longitud del armado de las pantallas. Una vez colocada la armadura, se hormigonaría con un tubo Tremie de abajo hacia arriba.

A continuación se ejecutaban las pila-pilotes necesarias que soportarían el forjado del patio del colegio. Se trataba de pilares metálicos de 14 m de altura los cuales serían introducidos parte en el terreno, mediante un sistema de ejecución similar al de las armaduras de los pilotes convencionales, y parte quedan vistos. En primer lugar, se realiza una pequeña perforación (de planta cuadrada) cuyas paredes se hormigonarían; el fin era que la máquina perforadora entrase en todo

momento totalmente vertical y en el punto exacto, para evitar así desviaciones a lo largo de toda su profundidad. Una vez realizada toda la perforación, se introducirían los pilares metálicos con la armadura necesaria para la cimentación, vertiéndose un volumen de hormigón ligeramente superior al estimado. El exceso del mismo se picará cuando se llegue al fondo de excavación. En la figura 3 puede verse la introducción de los pilares, con la armadura de la cimentación.



Figura 8. Proceso de excavación.



Figura 9. Primer nivel de armostamiento del muro pantalla.

Cabe mencionar que los pilares metálicos, que consisten en HEB con platabandas paralelas al alma formando un perfil en cajón para evitar el pandeo, deben ser previamente tratados con una capa protectora que proteja al mismo de la corrosión por el contacto directo con el terreno. Sin embargo, en la figura 4 puede apreciarse que algunos pilares han sufrido la corrosión por haber estado en contacto con el terreno durante los aproximadamente cuatro años que han estado paradas las obras tras ejecutarse el forjado del patio; esto hace necesario eliminar la capa oxidada y aplicar las capas protectoras necesarias. También puede verse cómo en la cimentación de los pilares hay hormigón sobrante que se picará posteriormente hasta llegar a la cota de cimentación.

Ya introducidos todos los pilares metálicos, comienza la colocación de cerchas metálicas. Se trata de cerchas de hasta 40 m de longitud debido a la luz libre que era necesaria debido al pabellón polideportivo. Por otro lado, disponían de un canto de 2,6 m. Estas cerchas apoyarían sobre los

pilares metálicos y sobre machones ejecutados sobre la viga de coronación del muro pantalla. Por último, las cerchas están dispuestas a una distancia aproximada de 2,5 m. En la figura 5 puede verse la longitud de las cerchas en el instante de su transporte a la obra.

En la figura 6, que corresponde al montaje de las cerchas, puede verse el apoyo de las mismas sobre los machones (a la izquierda) y pilares metálicos a la derecha.

Colocadas todas las cerchas, se ejecutaría un forjado de chapa colaborante (figura 7) donde estaría el patio infantil, quedando concluida la primera parte de la obra.

A continuación, comenzaría toda la fase de excavación de la parcela (figura 8). Resultó una operación ciertamente complicada por el hecho de que la maquinaria usada tenía gran tamaño y, por otro lado, era difícil extraer el volumen de tierra por el poco espacio existente.

Una vez que se había excavado una profundidad cercana al primer nivel de anclaje se procedía a la ejecución del mismo (figura 9).

La figura 10 muestra el final de la excavación, donde ya se había llegado a la cota de cimentación (pueden verse las zanjas de las zapatas, así como parte de la cimentación de los pilares metálicos, en algunos de los cuales sería necesario picar el hormigón). En la pared derecha se puede apreciar además el primer nivel de anclaje.

La ejecución de los forjados fue un aspecto peculiar que merece la pena describir. Debido a la existencia del forjado del patio, no podía ejecutarse cada planta de forma completa (como es la práctica habitual), sino que fue necesario ir hormigonando por zonas. De esta forma, se iban ejecutando planta por planta los forjados del fondo de la parcela, dejando la esquina donde había acceso libre a la calle para el último lugar. Así, podría extraerse toda la maquinaria que es necesaria durante

la ejecución del mismo. En la figura 11 se puede ver cómo están ejecutados varios forjados de diferentes plantas.



Figura 10. Fase final de la excavación.



Figura 11. Proceso de ejecución de los distintos forjados.



Figura 12. Detalle de los contrafuertes del muro pantalla en la zona del polideportivo.

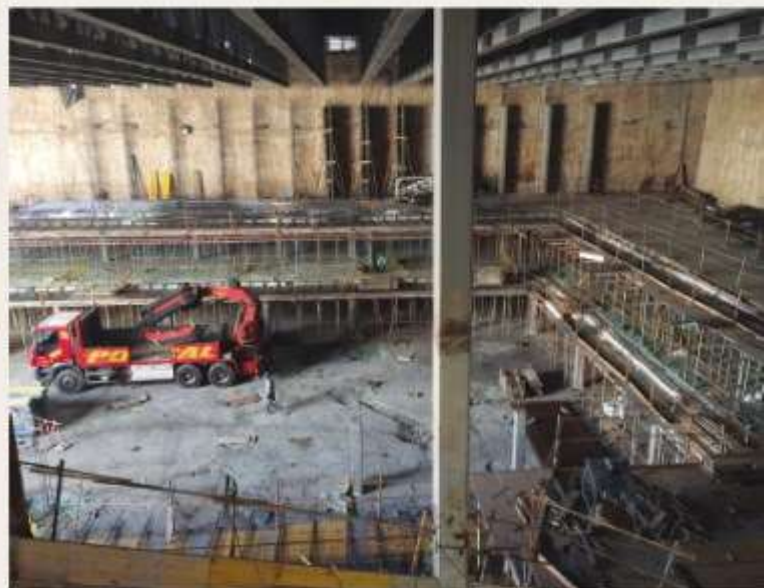


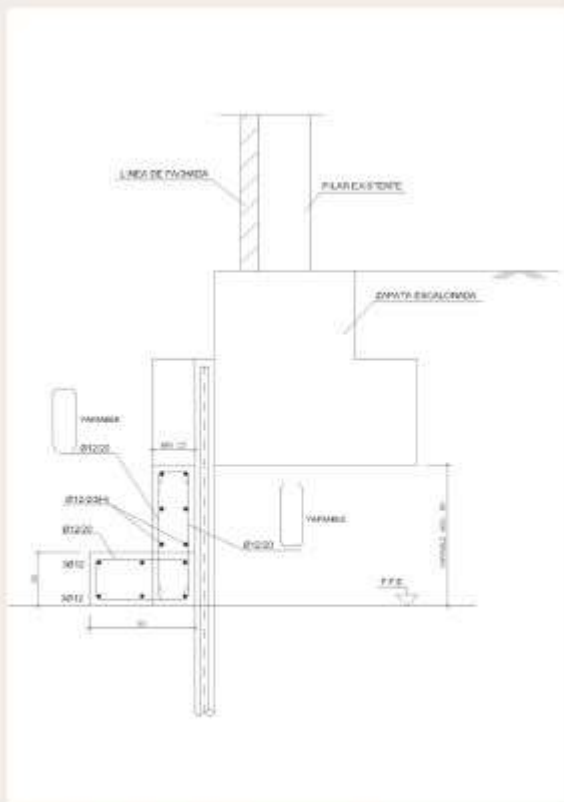
Figura 13. Vista general de los contrafuertes y de los forjados bajo el polideportivo.

Tuvieron que ejecutarse una serie de contrafuertes unidos a la pantalla en la zona del polideportivo (figura 12). Los contrafuertes no llegan hasta cimentación sino sólo se ejecutan en el vano del muro pantalla de 7 m de luz y en vano inferior. Tenían un espesor de 25 cm y 130 cm de ancho. En la imagen puede apreciarse el armado del último tramo de los

contrafuertes, así como algunos ya hormigonados. También se pueden ver los taladros ejecutados sobre la pantalla de contención.

La figura 13 muestra parte de la parcela donde se puede apreciar la secuencia de hormigonado de los diferentes forjados, así como todos los contrafuertes dispuestos en hilera, estando algunos ya hormigonados (derecha), otros encofrados para ser hormigonados (centrales) y, por último, únicamente la armadura dispuesta para el posterior hormigonado (izquierda).

Como último aspecto remarcable, debido a la ejecución de un pabellón polideportivo, era necesario realizar una adecuación arquitectónica que cumpliese con la normativa de evacuación. Por ello, se pensó en realizar un patio inglés junto al pabellón, que comunicase con la parte antigua del colegio. Para ello, era necesario excavar ligeramente por debajo de la cota existente para poder comunicar con el sótano. Se preveía que apareciesen zapatas del edificio antiguo, por ello la operación se realizó con extremo cuidado. La geometría de las zapatas (figura 14) era propia de la época de construcción, donde el coste de material era superior al de mano de obra y, por ello, en las cimentaciones, por ejemplo, se intentaba abaratar realizando las zapatas escalonadas.



Como había que excavar a mayor profundidad, las zapatas quedarían descalzadas, por ello, era necesario buscar una solución para que no se produjese un asiento de las zapatas afectadas, que se traduciría en patologías en el colegio antiguo. Las soluciones estaban acotadas por varios factores: en primer lugar, la escasa accesibilidad a la zona de

actuación, ya que únicamente era posible acceder por el lado en el que la zapata iba a quedarse descalzada, ya que no era viable introducir cualquier tipo de maquinaria dentro del colegio, porque se trataba de un aula antigua que era conveniente conservar. Con todo esto, la solución por la que se optó fue por la de realizar una serie de micropilotes en uno de los escalones de la zapata figura 15 con el fin de transmitir todas las cargas a un estrato inferior. Posteriormente, se excavaría por debajo de la zapata, y se realizaría un muro corrido que soportase las cargas que la zapata transmitía previamente al terreno. Todo lo aquí descrito, puede verse de forma gráfica en la figura 16, donde se pueden apreciar los micropilotes de cada zapata y el armado del muro, que posteriormente sería hormigonado.

Para finalizar, como aspecto curioso está la extracción de la maquinaria (figura 17) que tuvo que realizarse desde una de las aberturas que había hacia el exterior; mediante una grúa fueron sacándose cada una de ellas.